

不同耕作措施下秸秆还田对土壤速效养分和微生物量的影响

李纯燕, 杨恒山, 萨如拉, 张瑞富, 曹倩, 张丽娟

(内蒙古民族大学农学院, 内蒙古自治区饲用作物工程技术研究中心, 内蒙古 通辽 028000)

摘要: 为揭示西辽河平原玉米秸秆还田的效应, 在2014—2015年设秸秆深翻还田(DR)和秸秆旋耕还田(RR)2个处理, 以旋耕不还田(CK)为对照, 研究了不同耕作措施下秸秆还田当年和次年对土壤速效养分和微生物量的影响。结果表明: DR和RR均能不同程度的提高土壤碱解氮、速效钾的含量和细菌、真菌、放线菌的数量, 且DR较RR的效果更为明显, RR对土壤有效磷含量影响不大。秸秆还田次年完熟期, 3个土层(0—10, 10—20, 20—30 cm)的平均值, 土壤碱解氮含量DR和RR分别较CK增加了26.60%, 16.34%, 有效磷含量分别增加了19.81%, 0.92%, 速效钾含量分别增加了23.95%, 12.53%, 3个土层的总计, 细菌数量分别增加36.46%, 9.80%, 真菌数量分别增加了22.10%, 21.90%, 放线菌数量分别增加23.55%, 17.38%。秸秆还田当年与次年相比, 土壤速效养分除拔节期当年增长幅度低于次年外, 其他各时期均表现为当年增长幅度高于次年, 微生物量表现为次年增长幅度高于当年; 秸秆还田与对照相比, 土壤速效养分和微生物量的增加, 主要表现在0—10 cm土层; 不同生育时期相比, 土壤速效养分还田当年以完熟期最大, 次年以拔节期最大。

关键词: 耕作措施; 玉米; 秸秆还田; 速效养分; 微生物量

中图分类号: S153.6; S154.3

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2017)01-0197-05

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcbx.2017.01.033

Effect of Straw Returning on Soil Available Nutrients and Microbe Biomass Under Different Tillage Methods

LI Chunyan, YANG Hengshan, SA Rula, ZHANG Ruifu, CAO Qian, ZHANG Lijuan

(College of Agronomy, Inner Mongolia University for the Nationalities, Inner Mongolia
Engineering Research Center of Forage Crop, Tong Liao, Inner Mongolia 028000)

Abstract: From 2014 to 2015, set deep plowing with straw returning (DR) and rotary tillage with straw returning (RR), took rotary tillage without straw returning (CK) as the control, studied effect of current year and the following year with straw returning on soil available nutrients and microbial biomass under different tillage methods at Plain of Xi Liao River. The results showed that deep tillage with straw returning and rotary tillage with straw returning all could increase in various degrees of soil available nitrogen, potassium content and bacteria, fungi, actinomycetes number, straw returning with deep plowing had more obvious effect, the rotary tillage with straw returning had little effect on soil available phosphorus content. Straw returning the following year, according to average for 3 different soil layers (0—10, 10—20, 20—30 cm) at full ripe stage, compared with CK, the content of available nitrogen in DR and RR increased by 26.60% and 16.34% respectively, available phosphorus increased by 19.81% and 0.92%, available potassium increased by 23.95% and 12.53%, according to total of 3 different soil layers, the number of bacteria increased by 36.46% and 9.80%, the number of fungi increased by 22.10% and 21.90%, the number of actinomycetes increased by 23.55% and 17.38%. Compared with the current year and the following year, the growth rate of soil available nutrient was higher than that in the current year at jointing stage, and the growth rate of other periods was higher than that in the following year, the microbial biomass performance for the following year growth rate was higher than that in the current year. Compared with the control, the soil available nutrients and microbial biomass increased mainly in the 0—10 cm soil layer. Compared with the different growth stages, the soil available nutrients performance for full ripe stage was the biggest at the current year, and the following year at the jointing stage was the biggest.

Keywords: tillage methods; maize; straw returning; soil available nutrients; soil microbial biomass

收稿日期: 2016-09-21

资助项目: 国家科技支撑计划项目(2013BAD07B04); 内蒙古民族大学研究生科研立项(NMDSS1428)

第一作者: 李纯燕(1991—), 女, 硕士研究生, 主要从事玉米高产栽培研究。E-mail: 14747510646@163.com

通信作者: 杨恒山(1967—), 男, 博士, 教授, 主要从事作物高产栽培研究。E-mail: yanghengshan2003@aliyun.com

西辽河平原地处世界玉米生产的黄金带,地势平坦,井灌条件良好,玉米种植面积稳定在 $9.0 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 左右,是内蒙古自治区最大的玉米生产基地,但连续多年的玉米连作导致地力下降,养分偏耗,成为阻碍玉米持续高产的关键问题。玉米秸秆中含有有机质 93.8%,氮 0.05%~0.8%,磷(P_2O_5) 0.04%~0.3%,钾(K_2O) 0.9%~1.6%^[1],玉米秸秆还田后,会改变土壤养分含量和土壤微生物的数量^[2]。王小彬等^[3]研究表明,玉米秸秆还田配施化肥处理,耕层土壤速效钾含量较 5 a 前的土壤提高 9~29 mg/kg;刘星杰等^[4]研究表明,在玉米全生育期内,秸秆还田免耕处理土壤微生物细菌、放线菌、真菌和纤维素分解菌数量比传统耕作分别提高 41.9%,47.1%,67.9%,65.7%,且此效应受玉米发育过程的影响。近年来,随着秸秆还田意识的增强和机械化水平的提高,西辽河平原玉米秸秆还田工作也开始推广,但目前秸秆还田形式多样,效果不同,且缺乏不同还田方式效应的研究与评价^[5-7]。本文通过连续 2 年的定位试验,研究不同耕作措施下玉米秸秆还田方式对土壤速效养分、微生物量和产量的影响,揭示秸秆还田效应,并为鉴选研究地区适宜的秸秆还田方式提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验于 2014—2015 年在内蒙古西辽河平原进行($43^\circ 36' \text{ N}$, $122^\circ 22' \text{ E}$, 海拔 178 m)。试验区年均气温 6.8°C , $\geq 10^\circ \text{C}$ 活动积温 $3\ 200^\circ \text{C}$, 年均降水量 385 mm, 生长季内降水量约为 340 mm。试验田具有井灌条件,土壤为灰色草甸土,为当地主要土壤类型。

1.2 试验设计

试验设玉米秸秆深翻还田(DR)和秸秆旋耕还田(RR) 2 个处理,以旋耕不还田(CK)为对照,研究秸秆还田对当年及次年土壤速效养分和微生物量的影响。2014 年春播前进行秸秆还田、基施化肥及整地处理,秸秆为全量还田,深翻深度约 30 cm,旋耕深度约 15 cm;2015 年各处理均旋耕灭茬和基施化肥,秸秆不还田。2 年供试品种、种植密度和肥水管理一致。供试品种为郑单 958,种植密度 7.5 万株/hm^2 ,基施磷酸二铵 225 kg/hm^2 、硫酸钾 90 kg/hm^2 ,拔节期一次追施尿素 375 kg/hm^2 ,生育期间灌水 3~4 次。小区面积 72 m^2 ,3 次重复。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 产量及产量构成因素 收获时各小区测产面积 60 m^2 ,调查样方内有效穗数,并取样测定籽粒含水率,折算出 14% 含水率下的产量。同时,均取样 10 穗,调查穗粒数,测定千粒重。

1.3.2 土壤速效养分 于拔节期、吐丝期和完熟期取土样,采用 5 点蛇形法采集,各小区分别取 0—10,

10—20,20—30 cm 土样,同一层次混合均匀,四分法分取足量阴干,研磨至可通过 1 mm 筛孔备用^[8]。采用碱解扩散法测定碱解氮含量,钼锑抗比色法测定有效磷含量,火焰光度法测定速效钾含量^[9]。

1.3.3 土壤微生物量 吐丝期所取土样混合均匀后,按四分法分取足量土样装入无菌袋中, 4°C 条件下保存备用^[10]。微生物数量的测定采用平板菌落计数法,细菌数量的测定选用牛肉膏蛋白胨培养基;真菌采用马丁—孟加拉红培养基;放线菌采用改良高氏 I 号培养基^[11]。土壤温湿度测量仪测定土壤质量含水率。结合相关指标计算微生物量。

1.4 数据处理与统计分析

采用 SPSS 19.0 进行数据统计分析,LSD 法检验处理间差异显著性。

2 结果与分析

2.1 不同耕作措施下秸秆还田对春玉米产量及其构成因素的影响

由表 1 可知,秸秆还田当年,DR 处理产量显著高于 RR 处理和 CK,还田次年 DR 和 RR 处理产量均显著高于 CK,但 DR 和 RR 处理间差异不显著。还田次年各处理产量均高于还田当年,这可能与气象条件有关。从产量构成因素来看,产量差异形成的原因主要在千粒重和穗粒数上,秸秆还田当年 DR 处理千粒重显著高于对照和 RR 处理,还田次年 DR 和 RR 处理间的差异不显著;穗粒数秸秆还田当年各处理间差异不显著,还田次年 DR 和 RR 处理穗粒数接近,均显著高于对照;有效穗数 2 a 各处理间差异均不显著。

表 1 不同耕作措施下秸秆还田对春玉米产量及其构成因素的影响

年份	还田方式	有效穗数/ (穗· hm^{-2})	穗粒数 (粒)	千粒重/ g	实测产量/ ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)
还田当年	CK	63817.30a	571.67a	335.27b	11.01b
	DR	63940.75a	580.50a	373.14a	12.75a
	RR	63865.79a	577.90a	348.55b	11.92b
还田次年	CK	63819.22a	570.98b	336.65b	11.50b
	DR	64008.32a	586.23a	376.16a	13.09a
	RR	63956.65a	580.03a	376.23a	12.90a

注:表中不同小写字母表示同一年份不同处理间差异显著($P < 0.05$)。

2.2 不同耕作措施下秸秆还田对土壤速效养分的影响

2.2.1 对土壤碱解氮的影响 由图 1 可知,还田当年土壤碱解氮含量各土层均表现为 $\text{DR} > \text{RR} > \text{CK}$,拔节期处理间差异均不显著,吐丝期 DR、RR 与 CK 之间差异均达到显著水平,完熟期处理间差异均达到显著水平,其中 0—10 cm 土层处 DR 和 RR 处理分别较 CK 增加了 36.07% 和 14.63%,增加最显著;还田次年各时期各土层碱解氮含量处理间差异均达到显著水平,其中拔节期各处理差异最明显,0—10 cm 土层 DR 和 RR 处理分别较 CK 增加了 25.73% 和 13.19%,10—20 cm 土层分

别增加了 24.11%和 11.38%,20—30 cm 土层分别增加了 23.81%和 12.68%。从各处理不同土层平均碱解氮含量变化情况来看,还田当年表现为 DR>RR>CK,其中拔节期处理间差异不显著,吐丝期和完熟期 DR 和 RR 处理与 CK 之间的差异达到了显著水平,DR 与 RR 处理间的差异不显著,完熟期三者之间的差异均达到了显著水平,这主要是由于温度的升高,秸秆腐解加快,释放出更多的养分,从而使土壤碱解氮含量逐渐提高,且这一效应在秸秆深翻还田措施下体现的更为明显;还田次年处理间也表现为 DR>RR>CK,且各生育时期处理间差异均达到了显著水平,还田次年由于秸秆腐熟程度更高,从而释放出更多的养分,是造成处理间这种变化规律的主要原因。

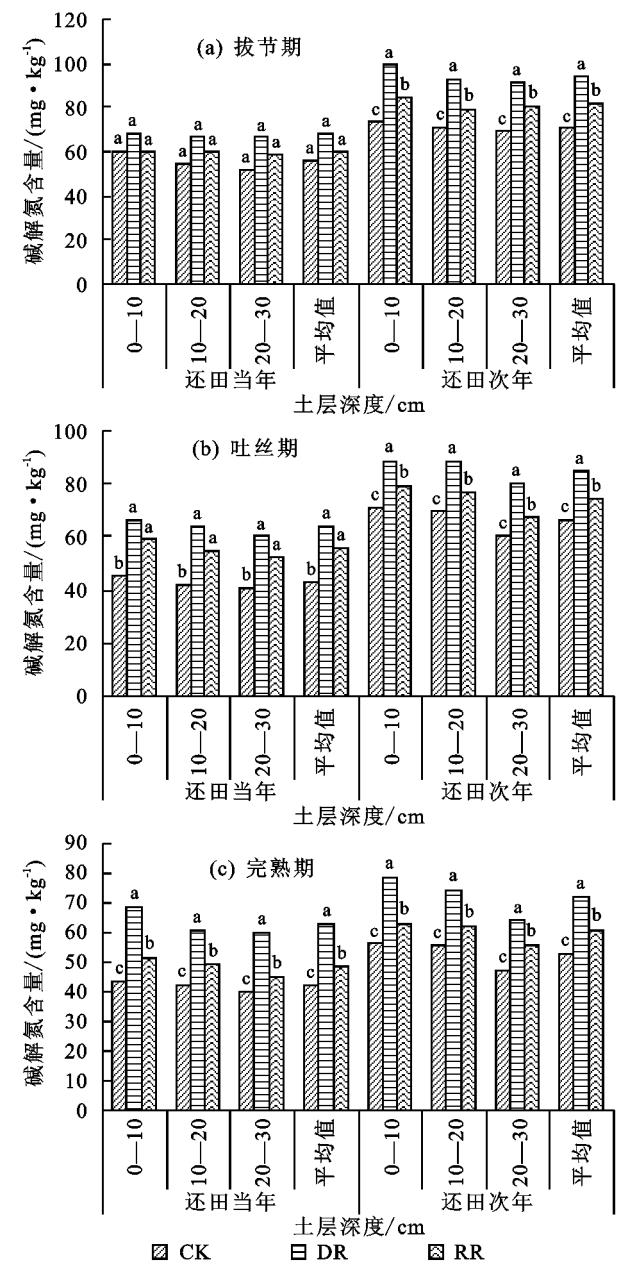


图 1 不同耕作措施下秸秆还田对土壤碱解氮的影响

注:不同小写字母表示同一年份、同一时期、同一土层不同处理间差异达 0.05 显著水平。下同。

2.2.2 对土壤有效磷的影响 由图 2 可知,土壤有效磷含量还田当年各时期均以 DR 处理最高,其中拔节期处理间差异不显著,吐丝期和完熟期 DR 处理与 RR 处理和 CK 之间的差异均达到了显著水平,且完熟期处理间差异最明显,其中 0—10 cm 土层 DR 较 RR 和 CK 分别高了 23.35%和 33.96%,10—20 cm 土层分别高了 23.11%和 30.97%,20—30 cm 土层分别高了 22.80%和 31.83%;还田次年各处理也以 DR 最高,且与 RR 和 CK 之间的差异均达到了显著水平。

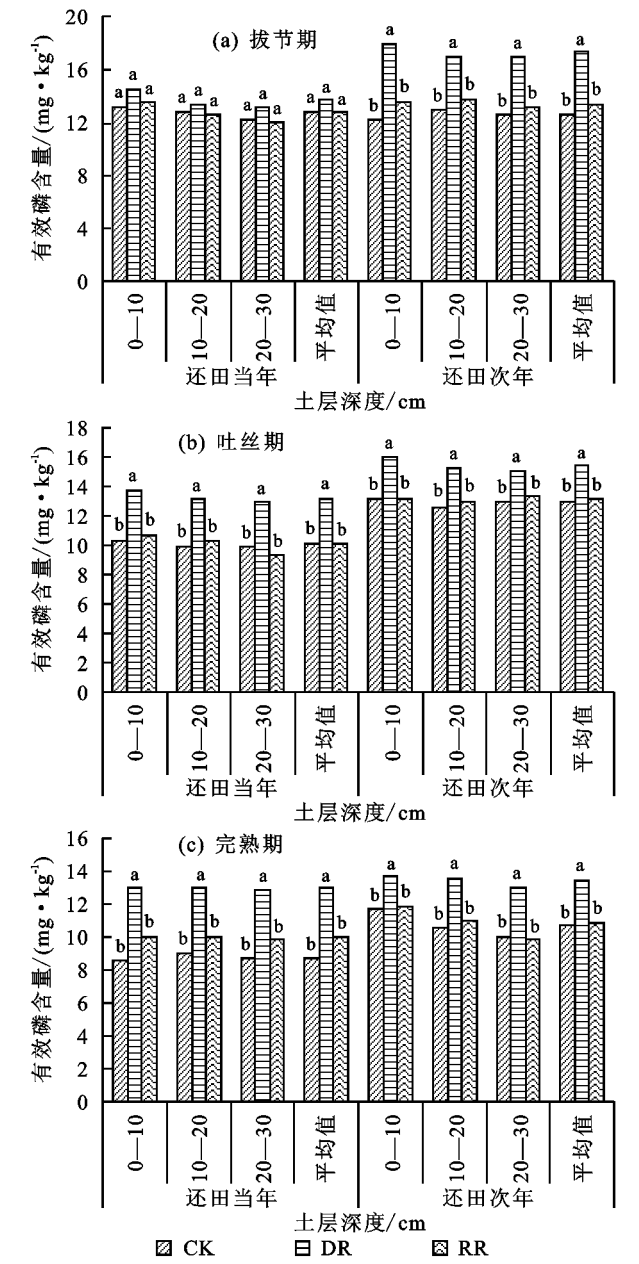


图 2 不同耕作措施下秸秆还田对土壤有效磷的影响

从各处理的平均有效磷含量来看,还田当年处理间均表现为 DR>RR>CK,其中拔节期、吐丝期、完熟期 DR 处理分别较 CK 高了 6.99%,31.11%,47.66%,这说明秸秆还田有利于提高土壤有效磷含量,且随着生育期的推移,秸秆腐解量逐渐增加,效果更为明显,不

同处理间秸秆深翻还田效果最好;还田次年处理间均表现为 $DR > RR > CK$, 其中 DR 处理与 RR 处理和 CK 之间的差异均达到了显著水平, 而 RR 处理与 CK 之间的差异不显著, 说明秸秆深翻还田次年对土壤有效磷含量的提高仍具一定作用, 而秸秆旋耕还田次年对土壤有效磷含量影响不大, 这可能与秸秆深翻还田秸秆腐解更为完全更为彻底有关。

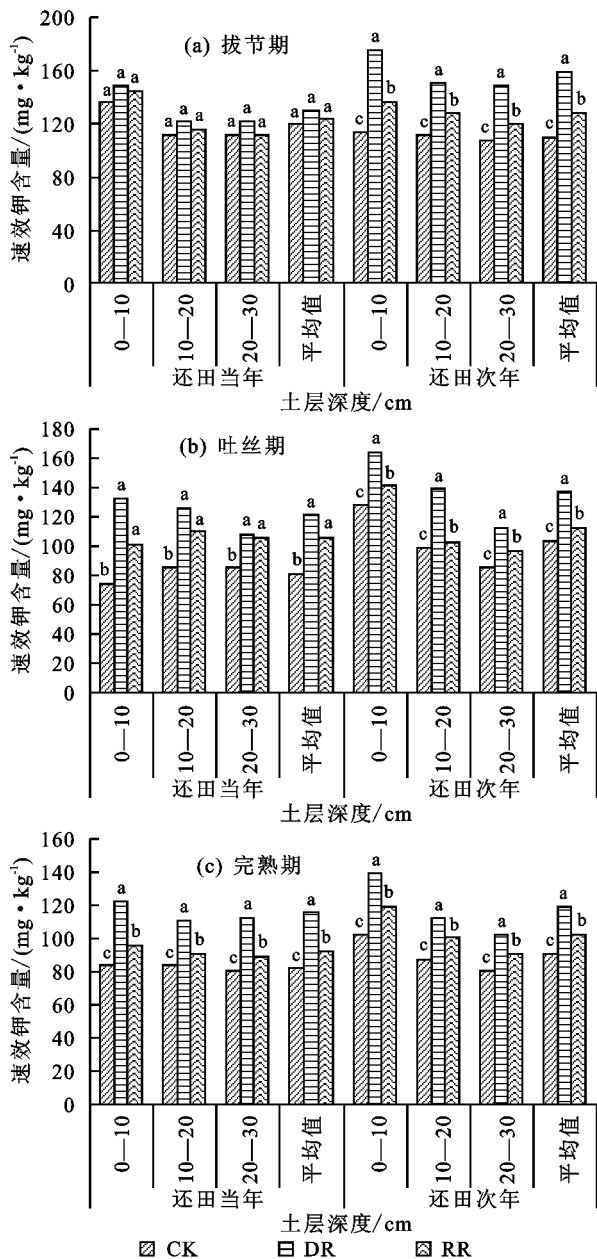


图 3 不同耕作措施下秸秆还田对土壤速效钾的影响

2.2.3 对土壤速效钾的影响 由图 3 可知, 各土层土壤速效钾含量还田当年各生育时期处理间均表现为 $DR > RR > CK$, 其中拔节期处理间差异均不显著, 吐丝期 DR 和 RR 处理间的差异不显著, 但与 CK 之间的差异均达到显著水平, 完熟期处理间的差异均达到显著水平, 其中 $0-10$ cm 土层最明显, DR 和 RR 处理分别较 CK 高了 32.16% 和 13.09%; 还田次年不同土层处理间差异均达到显著水平, 其中拔节期各

处理差异最明显, $0-10$ cm 处 DR 和 RR 处理分别较 CK 增加了 35.32% 和 16.39%, $10-20$ cm 处分别增加了 26.64%、13.56%, $20-30$ cm 处分别增加了 28.22% 和 10.80%。从各生育时期土壤速效钾含量的平均值来看, 还田当年不同处理间均表现为 $DR > RR > CK$, 其中拔节期处理间差异不显著, 吐丝期 DR 和 RR 处理间的差异不显著, 但与 CK 之间的差异均达到了显著水平, 完熟期处理间差异均达到了显著水平; 还田次年土壤速效钾含量处理间均表现为 $DR > RR > CK$, 且处理间差异均达到了显著水平。

2.3 不同耕作措施下秸秆还田对土壤微生物量的影响

2.3.1 对土壤细菌数量的影响 由图 4 可知, 吐丝期细菌数量还田当年均表现为 $DR > RR > CK$, 且处理间差异均达到了显著水平, 其中 $0-10$ cm 土层细菌数量增加最显著, DR 和 RR 分别较 CK 增加了 32.57% 和 10.69%; 还田次年各土层细菌数量处理间变化规律与还田当年一致, 且处理间差异也达到了显著水平。从各土层细菌数量的总和来看, 还田当年和次年不同处理间均表现为 $DR > RR > CK$, 处理间差异均达到了显著水平, 其中还田当年 DR 处理分别较 RR 处理和 CK 增加了 37.27% 和 46.82%, 还田次年增加了 39.84% 和 53.73%, 这说明秸秆还田有利于土壤细菌数量的增加, 且秸秆深翻还田效果更为明显, 年际间则表现为还田次年明显高于还田当年, 这是由于秸秆深翻还田使得土壤土壤疏松, 收缩率和破碎系数明显变小, 通气性明显改善所致^[12]。

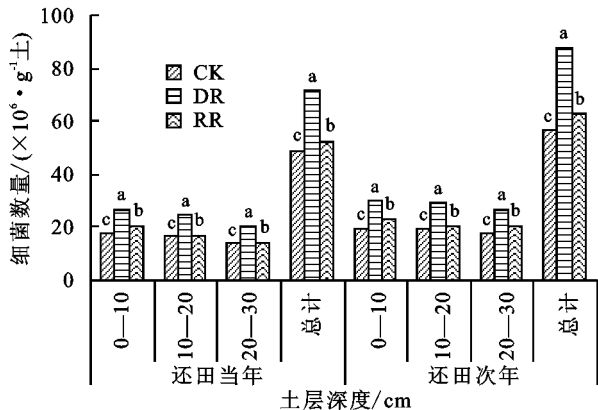


图 4 不同耕作措施下秸秆还田对春玉米吐丝期土壤细菌数量的影响

2.3.2 对土壤真菌数量的影响 由图 5 可知, 吐丝期各土层真菌数量在还田当年处理间变化规律不明显, 处理间差异均不显著; 还田次年表现为 $DR > RR > CK$, 其中 DR 与 RR 处理之间的差异不显著, 但二者与 CK 之间的差异均达到了显著水平。从各土层真菌数量总和来看, 还田当年和还田次年均表现为 $DR > RR > CK$, 其中还田当年处理间差异不显著, 还田次年 DR 与 RR 处理之间的差异不显著, 但二者与

CK 之间的差异均达到了显著水平。真菌是嫌气性菌种,还田当年由于深翻和旋耕措施增加了土壤通透性,所以秸秆还田对土壤真菌数量的影响不大,还田次年由于秸秆腐熟程度的增加,使得秸秆还田处理真菌数量较 CK 明显增加。秸秆还田当年 DR 处理秸秆翻入土壤较深,次年旋耕耕作对深层土壤的扰动较小,是导致 DR 处理真菌总量高于 RR 处理的主要原因。

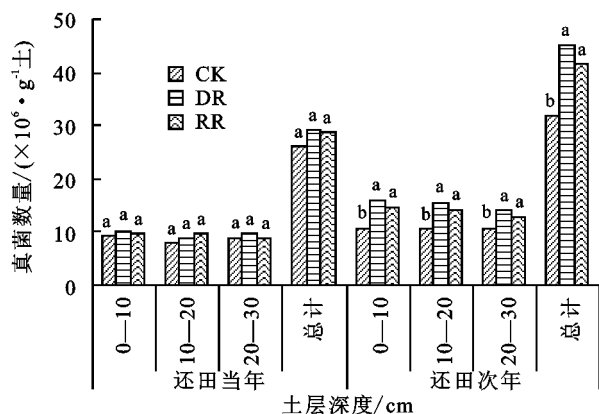


图5 不同耕作措施下秸秆还田对春玉米吐丝期土壤真菌数量的影响

2.3.3 对土壤放线菌数量的影响 由图6可知,吐丝期各土层放线菌数量在还田当年和还田次年均表现为 DR>RR>CK,其中还田当年 DR 处理与 RR 处理和 CK 之间的差异均达到了显著水平,RR 处理和 CK 之间的差异不显著,还田次年三者之间的差异均达到了显著水平。这说明秸秆还田能够增加土壤放线菌数量,在还田次年体现的更为明显,不同耕作措施间以深翻表现的更为明显。

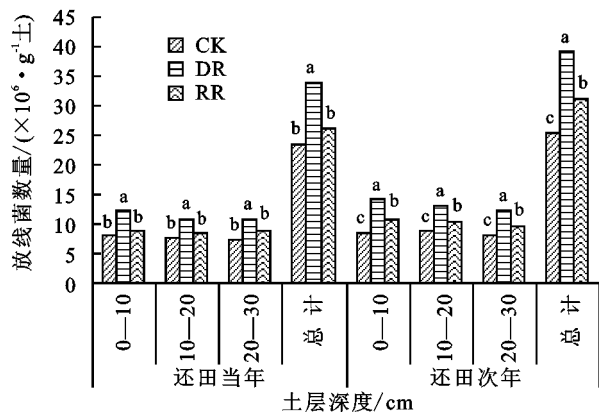


图6 不同耕作措施下秸秆还田对春玉米吐丝期土壤放线菌数量的影响

3 讨论

土壤微生物在土壤中参与有机质和各种养分的分解转化,与土壤质量或肥力高低密切相关^[13],本研究中各处理微生物数量随土层深度增加而减少,这与前人的研究^[14-18]是一致的。萨如拉等^[19]研究表明,玉米秸秆深翻还田可以显著提高土壤微生物数量,本

研究表明玉米秸秆深翻还田较旋耕还田显著增加土壤中细菌、真菌和放线菌的数量。陈东林等^[20]研究表明,秸秆还田和翻耕使土壤真菌数量减少;幕平等^[21]研究表明,秸秆还田连作使真菌数量降低。本研究表明秸秆还田次年深翻还田和旋耕还田均可增加土壤真菌的数量,可能是秸秆腐解释放有利物质的效果大于深翻透气对真菌抑制的影响。

幕平等^[22]研究表明,随着玉米全量秸秆连续还田,耕层 0—30 cm 土壤速效氮、速效钾显著增加,而速效磷养分变化幅度较小。本研究表明秸秆深翻还田和旋耕还田均可以增加土壤中碱解氮和速效钾含量,深翻还田可以提高有效磷含量,深翻加快了秸秆的腐解,秸秆释放出的有利物质使有效磷含量增加。

本研究表明秸秆还田当年和次年均有增产效应,从理论上讲,连续秸秆还田生态效益更好,但西辽河平原地处农牧交错带,玉米秸秆是牛、羊的主要粗饲料,秸秆还田在一定程度上影响其收益。同时,深翻需要大型农机,且增加投入,种植者接受有困难。综合来看,两年深翻还田一次能较好兼顾地力培肥增产、农机作业成本和秸秆养畜利用,但是否是最优模式有待进一步研究。

4 结论

(1)秸秆深翻和秸秆旋耕还田均能不同程度的提高土壤碱解氮、速效钾的含量和细菌、真菌、放线菌的数量,且秸秆深翻还田较旋耕还田的效果更明显,旋耕还田对土壤有效磷含量影响不大。

(2)还田当年与次年相比,土壤速效养分除拔节期次年增长幅度高于当年外,其他各时期均表现为当年增长幅度高于次年,微生物量表现为次年增长幅度高于当年;秸秆还田与对照相比,土壤速效养分和微生物量的增加,主要表现在 0—10 cm 土层;不同生育时期相比,土壤速效养分还田当年以完熟期最大,次年以拔节期最大。

参考文献:

- [1] 王利. 浅谈玉米秸秆还田与土壤保健[J]. 农业与技术, 2013, 33(2): 61-62.
- [2] 李纯燕, 杨恒山, 刘晶, 等. 玉米秸秆还田技术与效应研究进展[J]. 中国农学通报, 2015, 31(33): 226-229.
- [3] 王小彬, 蔡典熊, 张净清, 等. 旱地玉米秸秆还田对土壤肥力的影响[J]. 中国农业科学, 2000, 33(4): 54-61.
- [4] 张星杰, 刘景辉. 保护性耕作对旱地玉米土壤微生物和酶活性的影响[J]. 玉米科学, 2008, 16(1): 91-95, 100.
- [5] 慕平, 张恩和, 王汉宁, 等. 连续多年秸秆还田对玉米耕层土壤性状及微生物量的影响[J]. 水土保持学报, 2010, 25(5): 81-85.